

UN PROYECTO DE INNOVACIÓN CURRICULAR: INTERDISCIPLINARIEDAD Y MODELOS MATEMÁTICOS

Stella Maris VAIRA – Liliana TABORDA – Fabricio CHIAPPINI – José NUÑEZ
Stella.vaira@gmail.com; taborda.lb@gmail.com; fabriciochiappini@gmail.com;
jose02n@gmail.com

Departamento de Matemática, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (FBCB),
Universidad Nacional del Litoral (UNL) – Santa Fe, Argentina

Núcleo temático: **VI Matemáticas y su integración con otras áreas.**

Modalidad: CB

Nivel educativo: Universitario

Palabras clave: innovación curricular, interdisciplinariedad, modelos matemáticos

Resumen

El trabajo que presentamos a continuación parte de una propuesta de innovación curricular. El origen de ésta se halla en las exigencias que los espacios curriculares se encuentran en constante revisión. “Métodos Matemáticos Aplicados a la Química y la Biología” de carreras no matemáticas con orientación biológica/química constituye la culminación de un proceso de aprendizaje que permite al estudiante afrontar la resolución de problemas interdisciplinarios donde se requiere el manejo de ecuaciones diferenciales: su análisis, influencia de parámetros, múltiples representaciones gráficas, interpretación, estudio de umbrales. Atendiendo a las necesidades de formación en el contexto interdisciplinar de la matemática, desarrollamos hace pocos años un espacio proponiendo una metodología cooperativa, intergrupala y constructivista, incentivando todas aquellas competencias y madurez desarrolladas por los alumnos durante los años anteriores. Para la concreción de este objetivo, se propuso una revisión y optimización de la planificación actual del espacio y también, la incorporación de uso de tecnología como herramienta de trabajo en el aula. En el contexto de la evaluación, se han diseñado una serie de actividades prácticas innovadoras: seminarios para propiciar una mayor participación. Se muestra el espacio planteado (marco teórico), los problemas, los seminarios y los resultados alcanzados que son cualitativa-cuantitativamente importantes.

Introducción

El espacio curricular “Métodos Matemáticos Aplicados a la Química y la Biología” de las carreras de Licenciatura en Biotecnología y Bioquímica de nuestra casa de estudios, constituye la culminación de un proceso de aprendizaje de herramientas matemáticas básicas, que permiten al estudiante afrontar la resolución de problemas aplicados dentro de las diferentes áreas de la biotecnología y bioquímica en donde se requiere el manejo de

ecuaciones diferenciales (ED). En este sentido, la materia pretende ser un espacio de articulación entre el Ciclo Básico y el Ciclo Superior de las Carreras, en relación con las materias de formación técnica/tecnológica, y por lo tanto, consideramos que la planificación debe apuntar a un estudio de la matemática desde una perspectiva más integral y aplicada, apelando a las competencias y madurez desarrolladas por los alumnos durante los años anteriores.

Si bien la carga disciplinar del espacio se encuentra sobre un conjunto de contenidos mínimos que no se modifican, en el marco de la innovación curricular, el curso se encuentra en permanente actualización: uso de tecnologías, aplicaciones, modelos y motivación son la base de los análisis.

Desde hace algunos años, el equipo docente viene implementando una serie de modificaciones curriculares, cuyo objetivo central es el de abordar los contenidos desde una perspectiva aplicada en relación a tópicos relacionados con la química, la biología y los procesos biotecnológicos. De esta manera, pretendemos motivar al estudiante a que incursione en el estudio de las ecuaciones diferenciales, evidenciando en forma explícita la importancia y la utilidad de los modelos matemáticos en su formación académica.

En virtud de lo expuesto hasta aquí, el presente Proyecto plantea como objetivo general diseñar nuevas actividades prácticas que permitan al estudiante discutir problemas concretos relacionados con su área disciplinar, integrando los contenidos de la materia, profundizar en algunos tópicos de interés, y promover el uso de *software* como herramienta de trabajo.

Marco teórico

La innovación en el aula ha sido vivida como una línea fecunda y necesaria para estimular las prácticas educativas, entendidas en toda su complejidad. En esta línea, hemos diseñado la propuesta para generar un espacio indagador y creativo en las transformaciones de la docencia y de las acciones formativas, en el aula universitaria, en particular, en el espacio curricular que nos brinda la materia (Salinas, 2004).

La interacción es un proceso en el que tanto docentes como estudiantes tienden al desarrollo de tareas formativas y facilita el logro de la comunicación entre ambos, siendo la base de las actuaciones y de las transformaciones que se llevan a cabo en el aula. Los estudiantes

han de sentirse y actuar como verdaderos co-protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje, asumiendo las tareas, valorando el proceso y los logros alcanzados, en relación con las directrices de las competencias básicas planteadas por los docentes, pero colocando al alumno en la posición de un “descubridor fecundo” y formulador de nuevos problemas relevantes que en cada situación formativa han de resolver como personas con habilidad para seguir indagando (Díaz-Barriga, 2010; Postholm, 2008).

Actualmente, entendemos que la propuesta de innovación debe necesariamente estar acompañada por el uso de las “Tecnologías de la Información y la Comunicación” (TIC’s). En este sentido, la disponibilidad de computadoras y programas de uso libre y gratuito, posibilitan un intercambio fluido de información, realizar simulaciones y obtener respuestas rápidas para seguir replanteando los problemas. De esta manera, se intenta que el alumno no se detenga demasiado en el proceso de resolución, para no perder de vista el objetivo central del tema que se está desarrollando (UNESCO, 2013).

¿Cómo interviene la interdisciplinariedad? La educación de los alumnos en el tercer milenio no es efectiva sin una interdisciplinariedad, ya que al realizar el aprendizaje, con una debida articulación de los contenidos y revelando los nexos entre los fenómenos y procesos, que son objeto de estudio, facilitan una visión más integral de la unidad y la diversidad del mundo natural y social, así como su implicación ética en la sociedad, pues la interdisciplinariedad se ha convertido en un aspecto básico de la actitud humana, lo cual es fundamental para alcanzar el propósito esencial de la educación. La importancia metodológica es indiscutible, por eso es necesario no hacer de ella un fin, pues la interdisciplinariedad no se enseña, ni se aprende, apenas se vive, se ejerce, por eso exige una nueva pedagogía, una nueva comunicación. Para dar cumplimiento a la integración en el área del conocimiento debemos trazarnos diferentes estrategias: a) Proponer una nueva organización de los contenidos conceptuales mínimos a desarrollar durante el transcurso habitual del curso, enfocando el estudio de las ecuaciones diferenciales como herramientas de modelización en el contexto de problemas aplicados y b) Diseñar nuevas actividades prácticas en formato Seminario que complementen el trabajo habitual en clase y que permitan al estudiante abordar y discutir problemas aplicados, integrando los contenidos de la asignatura, de una manera colaborativa y participativa.

Materiales y metodología de trabajo

Población y muestra

Se trabajó con todos los alumnos de la materia “Métodos Matemáticos Aplicados a la Química y la Biología” que cursan en el segundo cuatrimestre (agosto-diciembre) del tercer año de las carreras de Licenciatura en Biotecnología (obligatoria) y Bioquímica (optativa). Actualmente, el promedio de estudiantes por año es de 65, aproximadamente.

El régimen de cursado semanal consiste en cuatro horas de clase presenciales, organizadas en dos horas de teoría y dos horas de resolución de ejercicios (Trabajo Práctico supervisado).

Propuesta de innovación sobre los contenidos mínimos del curso

En relación con el Objetivo 1, se pretende un cambio de enfoque y una optimización en el dictado de los temas. Se propuso entonces, abordar el estudio de las ecuaciones diferenciales como herramientas para la resolución de modelos aplicados, permitiendo que el alumno desde la primera clase, pueda visualizar la utilidad de la materia en su formación. Asimismo, se espera que el estudiante pueda rápidamente durante el cursado, familiarizarse con las herramientas trabajadas y desarrollar criterios para luego enfrentarse de manera independiente con un problema aplicado particular que debe analizar, resolver y discutir con sus pares en forma oral (Objetivo 2).

En este contexto, se organiza el curso en torno a cuatro “Ejes temáticos” cuyos contenidos se retroalimentan y en donde el hilo conductor es el análisis y la resolución de modelos:

Eje 1: "ED ordinarias de 1er orden"	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción. Modelos matemáticos. Clasificación. • ED. Definición. Clasificación. Problema de Valores Iniciales. Teorema de Existencia y Unicidad. ED lineales vs no lineales. Homogéneas y No homogéneas. • ED lineales de primer orden. Factor integrante. • ED de variables separables. ED exactas. ED homogéneas. • Análisis cualitativo. Puntos críticos. Soluciones de equilibrio. Estabilidad. • Aplicaciones: dinámica de poblaciones, problemas de mezcla, desintegración radiactiva, ley de enfriamiento, modelo de riñón artificial.
Eje 2: "ED lineales de orden n "	<ul style="list-style-type: none"> • Teoría Básica de ED de orden n. Teorema de Existencia y Unicidad. Principio de Superposición. Dependencia e independencia lineal. Wronskiano. • ED de segundo orden con coeficientes constantes. Ecuación característica. Reducción de orden. Método de los coeficientes indeterminados. Transformada de Laplace.
Eje 3: "Sistemas de ED lineales"	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de ED lineales con coeficientes constantes. Autovalores y autovectores. Puntos críticos y estabilidad. • Aplicaciones: reacciones químicas, modelos de tanques interconectados en serie.
Eje 4: "Sistemas de ED no lineales"	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas autónomos planos. Linealización y estabilidad local. Matriz Jacobiana. Análisis cualitativo. Puntos críticos. • Aplicaciones: modelos de predador-presa, modelo de competencia.

Todos los Ejes temáticos se acompañan durante las clases de trabajos prácticos con el uso de *software* (por ejemplo, Wolfram®, Geogebra®) como herramienta para la corrección y discusión de problemas.

Actividades de Seminario y nuevos instrumentos de evaluación

A lo largo del cursado de la materia, cada "Eje temático" se complementa con una actividad de Seminario. En cada uno de ellos, se enfrenta a los alumnos (organizados en pequeños grupos) a un modelo matemático en el contexto de un problema aplicado dentro del área disciplinar de la Biotecnología o de la Bioquímica, utilizando como disparadores trabajos publicados en diferentes artículos de investigación (*review, papers, lectures*, etc.). Se espera que los estudiantes puedan abordar la temática utilizando los recursos vistos en otras materias y analizar los aspectos del modelado a partir de lo trabajado en clase.

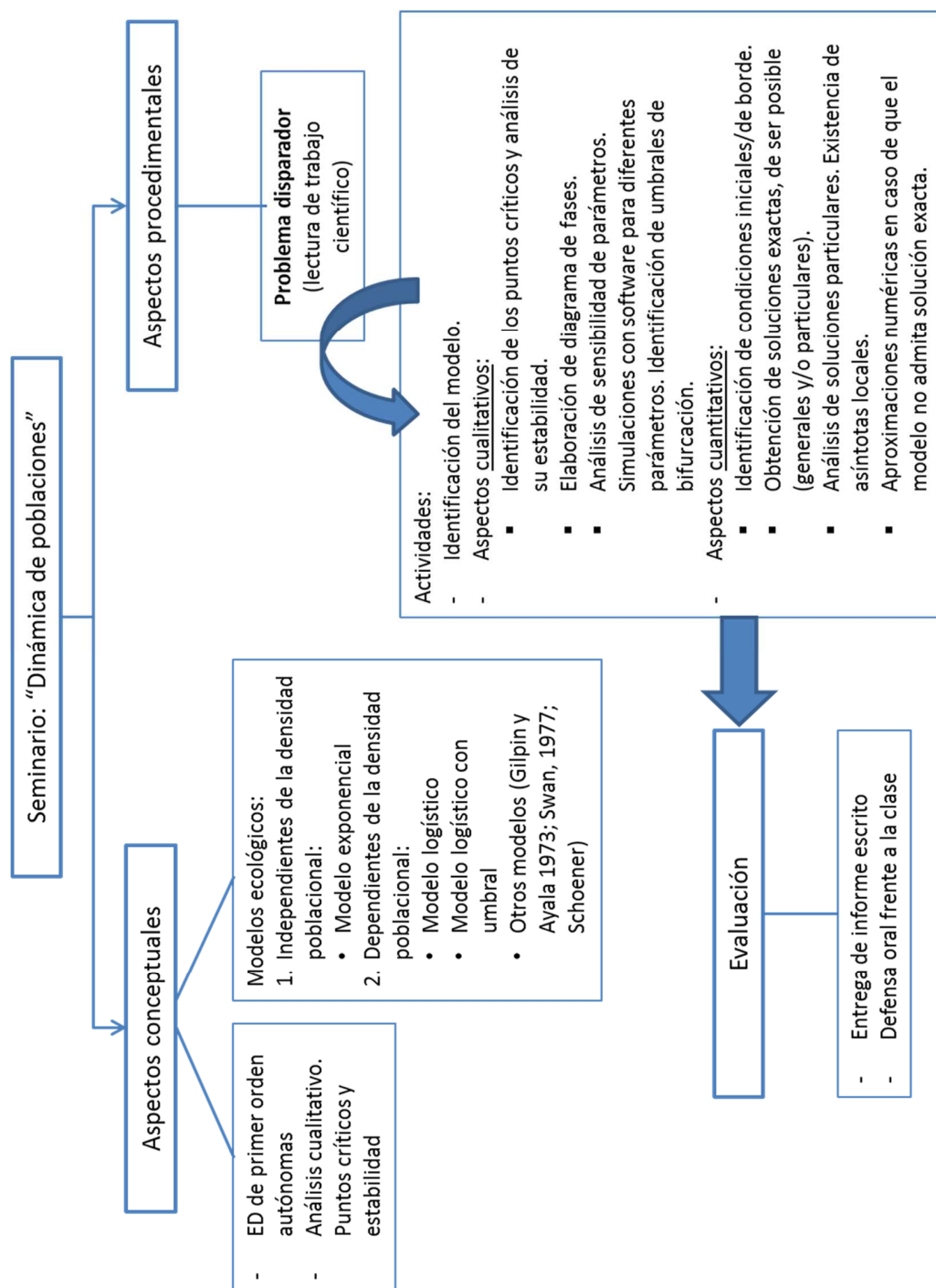
La actividad está pensada para que cada grupo realice una guía de actividades de manera domiciliaria a partir de un trabajo de investigación, para luego entregar por escrito y

defender en forma oral. Esto constituye una forma de evaluación complementaria con los exámenes parciales escritos.

Creemos que la realización de los Seminarios es enriquecedora para los alumnos. En este sentido, algunas de las múltiples ventajas que se presenta esta actividad son:

- Complementar y profundizar sobre algunos conceptos de interés.
- Estimular el trabajo en equipo.
- Estimular la lectura de bibliografía científica y la discusión de problemas científicos reales.
- Fomentar el uso de tecnología (*software* matemáticos).
- Sensibilizar al alumno sobre la utilidad de los modelos matemáticos en su propio campo disciplinar.
- Enfrentar al estudiante a una exposición oral.

A continuación se presenta, a modo de mapa conceptual, la organización de los contenidos y actividades a desarrollar para los Seminarios que se encuadran dentro del Eje temático 1.



Actividad 1.

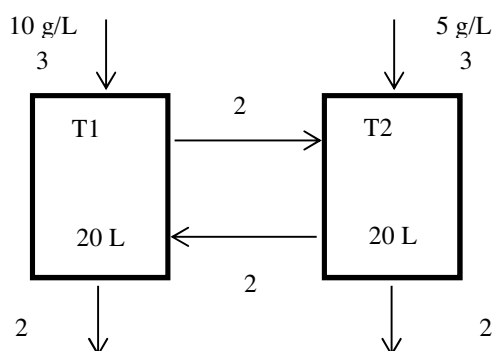
La rapidez con que cierto medicamento se disemina en el flujo sanguíneo se rige por la ecuación diferencial $y' + By = A$ donde $y(0) = 0$ y A y B son constantes positivas. La función $y(x)$ describe la concentración del medicamento en el flujo sanguíneo en un

instante cualquiera x . Encontrar el valor límite de y cuando $x \rightarrow \infty$. ¿Cuánto tarda la concentración en alcanzar la mitad de este valor?

Utilizar Wolfram Alpha o GeoGebra para realizar las representaciones gráficas de la solución para diferentes valores de $A = B = 5, 10, 15, 20$ y 50 . Si es posible todas en un mismo sistema de referencia. Interpretar.

Actividad 2.

Se tiene en el laboratorio un sistema de reactores interconectados como el que se representa a continuación, en el que se realizan pruebas de mezclas con agua y glucosa. Inicialmente, no hay soluto en ninguno de los tanques.



- Para este sistema, escribir el modelo que representa la razón de cambio de glucosa en el tiempo.
- Encontrar el punto crítico del sistema. ¿Es único dicho punto crítico? Justificar.
- Sin resolver el problema, realizar el análisis cualitativo del modelo. ¿Qué ocurre a largo plazo? ¿Su resultado coincide con su intuición? Comentar brevemente.
- Suponer que a un tiempo suficientemente largo, se dejan de alimentar ambos tanques con glucosa y sólo ingresa agua pura (sin modificar los flujos de líquido). Reescribir el sistema de ED, determinar condiciones iniciales y encontrar la solución particular del mismo.

Resultados logrados y esperados. Impacto.

La experiencia se realizó durante los años 2015 y 2016 con un grupo experimental de 8 alumnos cada año. Todos los alumnos hicieron dos actividades domiciliarias cada uno. Todos pudieron resolver las actividades. La implementación de la propuesta para el aprendizaje de

los temas y la modelización permitió observar que es factible lograr un cambio en relación a cómo se realiza el proceso de enseñanza y aprendizaje de la matemática actualmente. En particular, se ha demostrado que es factible cambiar los roles, tanto del profesor como del alumno, observándose cambios significativos a lo que es una sala de clase tradicional.

Esta experiencia ha permitido observar, que el cambio respecto a la disposición hacia la matemática, los modelos y su comprensión y el trabajo simultáneamente con software hace visible inmediatamente la dinámica del análisis del problema: su solución, sus cambios ante cambios de condiciones iniciales o parámetros.

Una innovación es un cambio relativamente duradero, si se apoya en las dimensiones anteriores. Puesta en marcha una innovación necesita probarse, mejorarse, reconducirse, pero todo ello son procesos particulares de ese otro proceso más amplio en que consiste. Si se supone un cambio de ideas, de actitudes, no solo de acciones, requiere tiempo, y si las ideas toman cuerpo y se asientan, se supone que la innovación debe perdurar. Mejorar el acceso a experiencias educativas avanzadas, permitiendo a estudiantes y docentes participar en estos estilos de aprendizaje, que permiten además la democratización del conocimiento: tiempo y lugar adecuado, utilizando ordenadores en el hogar, en el campus o en el trabajo.

Referencias bibliográficas

Díaz-Barriga, F. (2010). Los profesores ante las innovaciones curriculares. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 37.57.

Hall, J; Lingefjård, T. (2016). *Mathematical Modeling: Applications with GeoGebra*. Wiley.

Ingalls, B. (2013). *Mathematical Modeling in Systems Biology. An Introduction*. The MIT Press

Postholm, M.B. (2008). Teachers developing practice: Reflection as key activity. *Teaching and Teacher Education*. 24,1717-1728.

Salinas, J. (2004). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*. UOC. Vol. 1, nº 1.

UNESCO (2013). Enfoques estratégicos sobre las TICs en Educación en América Latina y El Caribe. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe (OREALC/UNESCO Santiago).

Velten, K. (2009). *Mathematical Modeling and Simulation*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.